

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

Offenlegungsschrift  
DE 3123796 A1

51 Int. Cl. 3:  
B41J3/04

- 21 Aktenzeichen:
- 22 Anmeldetag:
- 43 Offenlegungstag:

P 31 23 796.7-27  
16. 6. 81  
11. 3. 82

Behördeneigentum

30 Unionspriorität: 32 33 31

20.06.80 JP P55-84264	22.07.80 JP U55-103727
11.08.80 JP U55-114120	17.09.80 JP U55-132128
16.10.80 JP P55-145370	18.02.81 JP P56-23445

72 Erfinder:

Andoh, Sadanari; Maeda, Junji, Kyoto, JP; Fukushima, Kiyoshi, Kobe, Hyogo, JP; Yoneda, Hiroichi, Neyagawa, Osaka, JP; Jinushi, Naotomo, Hirakata, Osaka, JP

71 Anmelder:

Sanyo Denki K.K., Moriguchi, Osaka, JP

74 Vertreter:

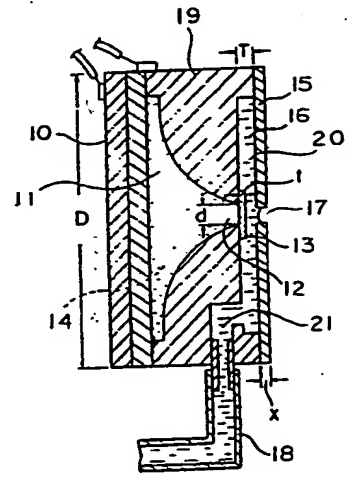
Schönwald, K., Dr.-Ing.; Fues, J., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.;  
von Kreisler, A., Dipl.-Chem.; Keller, J., Dipl.-Chem.;  
Selling, G., Dipl.-Ing.; Werner, H., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.,  
Pat.-Anw., 5000 Köln

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Tintenstrahldrucker und Tropfenausstoßvorrichtung für einen Tintenstrahldrucker

Es handelt sich um einen Tintenstrahldrucker vom Bedarfs-  
typ und eine Tropfenausstoßvorrichtung zur Verwendung bei  
einem solchen Tintenstrahldrucker. Bei der Tropfenausstoß-  
vorrichtung wird von einem schwingenden piezoelektrischen  
Element (10) die Schwingung auf ein Übertragungsmedium  
(14) nicht-fester Konsistenz übertragen. Über das Übertra-  
gungsmedium (14) wird der Druck auf einen passiven Vibrator  
(13) übertragen, der in Kontakt mit der auszustoßenden Tinte  
steht. Der passive Vibrator (13) ist gegenüber der Auslaßöff-  
nung (17) für die Tinte angeordnet. Der passive Vibrator (13)  
wird über das Übertragungsmedium (14) in Schwingungen  
versetzt und vermittelt des durch diese Schwingungen  
erzeugten Druckes wird Tinte durch die Auslaßöffnung (17)  
ausgestoßen. Bei dieser Tropfenausstoßvorrichtung ist ein  
leichter Zusammenbau gewährleistet, eine gleichmäßige Aus-  
stoßcharakteristik wird erreicht und das Problem des Einsau-  
gens von Luft mit daraus resultierenden Fehlfunktionen beim  
Ausstoß von Tinte wird ausgeräumt. (31 23 796)

FIG. 1



DE 3123796 A1

VON KREISLER SCHÖNWALD EISHOLD FUES  
 VON KREISLER KELLER SELTING WERNER

Sanyo Denki Kabushiki Gaisha  
 18, Keihan-Hondori 2-Chome,  
 Moriguchi, Osaka  
 Japan

PATENTANWÄLTE

Dr.-Ing. von Kreisler † 1973  
 Dr.-Ing. K. Schönwald, Köln  
 Dr.-Ing. K. W. Eishold, Bad Soden  
 Dr. J. F. Fues, Köln  
 Dipl.-Chem. Alek von Kreisler, Köln  
 Dipl.-Chem. Carola Keller, Köln  
 Dipl.-Ing. G. Selting, Köln  
 Dr. H.-K. Werner, Köln

DEICHMANNHAUS AM HAUPTBAHNHOF  
 D-5000 KÖLN 1

15. Juni 1981

Sg-vR/fe

PATENTANSPRÜCHE

- ① Tropfenausstoßvorrichtung, d a d u r c h g e -  
 k e n n z e i c h n e t , daß ein entsprechend einem  
 elektrischen Signal schwingender Druckerzeuger (10),  
 eine Druckzelle (11), ein passiver Vibrator (13), ein  
 in die Druckzelle (11) eingefülltes Übertragungs-  
 medium (14) und eine eine Tintenschicht (16) auf dem  
 passiven Vibrator (13) auf der Außenseite der Druck-  
 zelle (11) haltende Halteeinrichtung (15) vorgesehen  
 sind, daß ein Teil der Seitenwand der Druckzelle (11)  
 von dem Druckerzeuger (10) und dem passiven Vibrator  
 (13) gebildet ist, daß der passive Vibrator (13)  
 eine geringere Fläche hat als der Druckerzeuger (10),  
 daß vermittels des Übertragungsmediums (14) Schwin-  
 gungen des Druckerzeugers (10) auf den passiven Vibra-  
 tor (13) übertragbar sind, so daß der durch die  
 Schwingungen des Druckerzeugers (10) erzeugte Druck  
 über das Übertragungsmedium (14) konzentrisch auf

den passiven Vibrator (13) übertragbar ist, der passive Vibrator (13) dadurch zu Schwingungen anregbar ist und durch diese Schwingungen jeweils ein Tintentropfen (23) von der Tintenschicht (16) ausstoßbar ist.

2. Tropfenausstoßvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckerzeuger (10) als piezoelektrisches Element ausgebildet ist.
3. Tropfenausstoßvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckerzeuger (10) und der passive Vibrator (13) einander gegenüberstehend angeordnet sind.
4. Tropfenausstoßvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckzelle (11) eine hornartige Form aufweist und daß sich der Durchmesser der Druckzelle (11) von der Seite, an der der Druckerzeuger (10) angeordnet ist, zu der Seite, an der der passive Vibrator (13) angeordnet ist, vermindert.
5. Tropfenausstoßvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Frontscheibe (15) zum Halten der Tintenschicht (16) an dem passiven Vibrator (13) vorgesehen ist, daß die Frontscheibe (15) eine Auslaßöffnung (17) zum Ausstoß von Tintentropfen (23) aufweist und daß die Auslaßöffnung (17) gegenüber dem passiven Vibrator (13) vorgesehen ist.
6. Tropfenausstoßvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Frontscheibe (15) auf ihrer

der Tintenschicht (16) zugewandten Seite um die Auslaßöffnung (17) herum eine Einziehung (24) aufweist.

7. Tropfenausstoßvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Einziehung (24) konisch ausgebildet ist.
8. Tropfenausstoßvorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der wirksame Öffnungsquerschnitt der Auslaßöffnung (17) zwischen 40 und 60  $\mu\text{m}$  liegt, daß der Durchmesser des im wesentlichen schwingenden Teiles des passiven Vibrators (13) zwischen 1 und 3 mm liegt und daß die Dicke des im wesentlichen schwingenden Teiles des passiven Vibrators (13) zwischen 30 und 80  $\mu\text{m}$  liegt.
9. Tropfenausstoßvorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß in einem angemessenen Abstand von der Frontscheibe (15) vor der Frontscheibe (15) eine Deckscheibe (40) angeordnet ist, daß in der Deckscheibe (40) gegenüber der Auslaßöffnung (17) in der Frontscheibe (15) eine Durchlaßöffnung (42) für Tintentropfen vorgesehen ist, und daß durch den Zwischenraum zwischen der Frontscheibe (15) und der Deckscheibe (40) zu der Durchlaßöffnung (42) für Tintentropfen als Auslaß Luft führbar ist.
10. Tropfenauslaßvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckzelle (11) mit Tinte als Übertragungsmedium (14) gefüllt ist, daß zur Verbindung der in der Druckzelle (11) enthaltenen Tinte mit der Tintenschicht (16)

mindestens ein Tintenkanal (25) vorgesehen ist, daß der Tintenkanal (25) eine solche Querschnittsfläche aufweist, daß der Tintenstrom durch den Tintenkanal (25) die Schwingungen des passiven Vibrators (13) zum Ausstoß von Tintentropfen (23) nicht wesentlich behindert, daß aber die Tintendrucke in der Druckzelle (11) und der Tintenschicht (16) ausgleichbar sind, sofern Tintentropfen (23) gerade nicht ausgestoßen werden.

11. Tropfenausstoßvorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Tintenkanal 25 außerhalb des passiven Vibrators (13) angeordnet ist.
12. Tropfenausstoßvorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Tintenkanal (25) in dem passiven Vibrator (13) vorgesehen ist.
13. Tropfenausstoßvorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Tintenkanal (25) am äußeren Rand des passiven Vibrators (13) vorgesehen ist.
14. Tropfenausstoßvorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, daß der Tintenkanal (25) in dem passiven Vibrator (13) außerhalb einer Auslaßöffnung (17) direkt gegenüberliegenden Bereiches angeordnet ist.
15. Tintenstrahldrucker mit einer Tropfenausstoßvorrichtung, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß ein entsprechend einem elektrischen Signal schwingender Druckerzeuger (10), eine Druckzelle (11), ein passiver Vibrator (13), ein in die Druckzelle (11) eingefülltes Übertragungs-

medium (14) und eine Tintenschicht (16) auf dem passiven Vibrator (13) auf der Außenseite der Druckzelle (11) haltende Halteeinrichtung (15) vorgesehen sind, daß ein Teil der Seitenwand der Druckzelle (11) vom dem Druckerzeuger (10) und dem passiven Vibrator (13) gebildet ist, daß der passive Vibrator (13) eine geringere Fläche hat als der Druckerzeuger (10), daß mittels des Übertragungsmediums (14) Schwingungen des Druckerzeugers (10) auf den passiven Vibrator (13) übertragbar sind, so daß der durch die Schwingungen des Druckerzeugers (10) erzeugte Druck über das Übertragungsmedium (14) konzentrisch auf den passiven Vibrator (13) übertragbar ist, der passive Vibrator (13) dadurch zu Schwingungen anregbar ist und durch diese Schwingungen jeweils ein Tintentropfen (23) von der Tintenschicht (16) ausstoßbar ist.

16. Tintenstrahldrucker nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß eine Frontscheibe (15) zum Halten der Tintenschicht (16) an dem passiven Vibrator (13) vorgesehen ist, daß die Frontscheibe (15) eine Auslaßöffnung (17) zum Ausstoß von Tintentropfen (23) aufweist und daß die Auslaßöffnung (17) gegenüber dem passiven Vibrator (13) vorgesehen ist, daß in einem angemessenen Abstand von der Frontscheibe (15) vor der Frontscheibe (15) eine Deckscheibe (40) angeordnet ist, daß in der Deckscheibe (40) gegenüber der Auslaßöffnung (17) in der Frontscheibe (15) eine Durchlaßöffnung (42) für Tintentropfen vorgesehen ist, und daß durch den Zwischenraum zwischen der Frontscheibe (15) und der Deckscheibe (40) zu der Durchlaßöffnung (42) für Tintentropfen als Auslaß Luft führbar ist.



## Tintenstrahldrucker und Tropfenausstoßvorrichtung für einen Tintenstrahldrucker

---

Die Erfindung betrifft einen Tintenstrahldrucker zur Wiedergabe von Mustern von Buchstaben, Figuren usw. mit Hilfe von Tintentropfen sowie eine Tropfenausstoßvorrichtung zur Verwendung bei einem solchen Tintenstrahldrucker.

Grundsätzlich haben Tintenstrahldrucker hervorragende Eigenschaften, da sie nicht mit mechanischen Impulsen arbeiten. Diese Eigenschaften schließen eine geringe Geräuschentwicklung, die Möglichkeit des Gebrauches von Normalpapier als Wiedergabeträger und die leichte Verwirklichbarkeit von Farbdrucken etc. ein. Die derzeit für den praktischen Gebrauch verfügbaren Tintenstrahldrucker sind (elektrisch) ladungsgesteuert, (elektrisch) feldgesteuert, vom Bedarfstyp oder arbeiten mit einem Tinten Nebel. Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Tintenstrahldrucker vom Bedarfstyp, die insoweit vorteilhaft sind, als die nicht für den Druck benötigte Tinte nicht abgesogen werden muß, als weiter Farbdrucke leicht hergestellt werden können und als schließlich durch Änderungen der Durchmesser der Tintentropfen die Farbtonung verändert werden kann.

Zunächst soll die grundlegende Konstruktion bekannter Tintenköpfe beschrieben werden.

Von den bekannten Tintenköpfen soll einerseits das Einraumsystem (US-PS 39 46 398) anhand von Figur 20 erläutert werden, andererseits das Zweiraumsystem (US-PS 37 47 120)

anhand von Figur 21, da diese beiden Systeme besonders bekannt sind.

Im Einraumsystem ist nur eine einzige Tintenzelle 91 vorgesehen, während im Zweiraumsystem die Tintenzelle 91 aus zwei Behältern besteht. Beiden Systemen ist gemeinsam, daß ein piezoelektrisches Element 92 durch angelegte elektrische Signale zu sinusförmigen Schwingungen angeregt wird, daß durch diese Schwingungen der Druck in der Tintenzelle 91 erhöht wird, so daß ein Tintenstreifen 94 durch eine Auslaßöffnung 93, die Teil der Tintenzelle 91 ist, ausgestoßen wird, und daß schließlich ein Tintentropfen 95 durch Ablösung von dem Tintenstreifen 94 gebildet wird. Dies Ablösen von dem Tintenstreifen 94 erfolgt aufgrund der eigenen kinetischen Energie und der eigenen Oberflächenspannung des Tintentropfens 95. Dieser Tintentropfen 95 fliegt dann einem nicht dargestellten Wiedergabemittel entgegen, das gegenüber der Auslaßöffnung 93 angeordnet ist.

Beim Einraumsystem liegt die Ausstoßgeschwindigkeit des Tintentropfens 95 bei 2 bis 3 KHz. Wenn man eine Wiedergabe bei hohen Geschwindigkeiten gewährleisten will, so müssen mehrere Tintenköpfe verwendet werden, so daß, mit wachsender Anzahl, ein starkes Anwachsen der Anzahl von Einzelteilen und eine abnehmende Zuverlässigkeit unausweichlich sind. Außerdem können hier beispielsweise dadurch Schwierigkeiten auftreten, daß gesonderte Maßnahmen vorgesehen werden müssen, um eine Schwächung der Ausstoßkraft durch eine Übertragung der Druckwelle nach hinten hin zu verhindern, dorthin nämlich, wo das Einlaßsystem 96 zur Nachfüllung von Tinte in die Tintenzelle 91 vorgesehen ist. Dies ist insbesondere problematisch, wenn das piezoelektrische Element 92 nach innen in die Tinten-

zelle 91 hineingewölbt wird, um so einen Tintentropfen 95 auszustoßen.

Demgegenüber wird bei dem Zweiraumssystem die zuvor erläuterte Schwierigkeit des Einraumssystems überwunden.

5 Beim Zweiraumssystem ist eine Teilungsscheibe zur Teilung der Tintenzelle 91 in einen inneren Behälter 91a auf der Seite des piezoelektrischen Elementes 92 und einen äußeren Behälter 91b auf der Seite der Auslaßöffnung 93 notwendigerweise vorgesehen. Eine Koppelöffnung 97 in der Mitte

10 der Teilungsscheibe 98 zur Verbindung der beiden Behälter 91a und 91b miteinander muß mit der Auslaßöffnung 93 im wesentlichen fluchten. Die minimale Auflösung für normale Wiedergabeträger sollte beispielsweise bei einem X-Y-Zeichengerät bei sechs Linien pro mm liegen. Um diese Anforderungen zu erfüllen, muß der wirksame Durchmesser der

15 Auslaßöffnung 93 in der Größenordnung von 50  $\mu$ m liegen. Der innere Durchmesser der Koppelöffnung 97 sollte in der gleichen Größenordnung liegen. Da diese beiden Bohrungen einer Größe von etwa 50  $\mu$ m wegen der Durchkopplung des

20 Ausstoßdruckes vom piezoelektrischen Element 92 bis zur Auslaßöffnung 93 genau miteinander fluchten müssen, ist die Anwendung von Präzisions-Fertigungstechniken unter Verwendung von Mikroskopen unausweichlich geboten. Schon eine geringe Ungenauigkeit in der Ausrichtung der beiden

25 Bohrungen kann verhindern, daß der gewünschte Ausstoß von Tintentropfen erreicht wird.

Im übrigen haben die bekannten Tintenköpfe noch das folgende Problem. Da sich das piezoelektrische Element 92 nach dem Ausstoß eines Tintentropfens entgegengesetzt zu

30 der Richtung zum Zeitpunkt des Ausstoßes wölbt, wird manchmal durch die Auslaßöffnung 93 Luft eingesogen, so daß Luftblasen gebildet werden. Außerdem wird aufgrund der

hohen Schwingungsfrequenz des piezoelektrischen Elementes in der Tinte gelöste Luft unter Luftblasenbildung abgeschieden. Diese Luftblasen nehmen die Druckwellen, die durch die Schwingungen des piezoelektrischen Elementes erzeugt werden, auf, so daß manchmal das Phänomen auftritt, daß trotz Schwingungen des piezoelektrischen Elementes Tintentropfen nicht ausgestoßen werden. Die Bildung von Luftblasen aus dem zuerst genannten Grund ist besonders bei dem Einraumsystem verbreitet. Diesem Nachteil wird durch Maßnahmen entgegengearbeitet, die eine Betonung des Strömungswiderstandes des Tintenzuführungssystems in einer Richtung beinhalten oder eine Erhöhung des Strömungswiderstandes entgegen der normalen Strömungsrichtung der Tinte. Die Bildung von Luftblasen aufgrund der zuvor zuletzt genannten Zusammenhänge wird dadurch be- oder verhindert, daß vorab schon der Anteil gelöster Luft in der Tinte durch Beifügung eines Sauerstoffabsorbers zu der Tinte verringert wird, oder daß die Tinte einer Entschäumungsbehandlung unterzogen wird (vergleiche die JA-PS 53-20882 (1978)). Keine der beiden zuvor genannten Methoden ist wirksam, um solche Luft wieder los zu werden, die von der Tintenzelle aufgrund eines unabhängig von dem Wiedergabeverfahren auf sie aus irgendeinem Grunde ausgeübten Schlages oder mechanischen Impulses aufgenommen worden ist.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die zuvor erläuterten Nachteile des Standes der Technik zu vermeiden.

Bei der erfindungsgemäßen Tropfenausstoßvorrichtung für einen Tintenstrahldrucker werden eine Vielzahl von Vorteilen erreicht:

Die erfindungsgemäße Tropfenausstoßvorrichtung ist leicht zusammensetzbar, zeigt eine gleichmäßige Ausstoßcharakteristik, bedingt nur eine geringe Gefahr des Einsaugens von Luft und ist selbst gegenüber gebildeten Luftblasen  
5 nur wenig empfindlich, da die Schwingungen eines Vibrators auf die Schicht der auszustoßenden Tinte indirekt übertragen werden.

Mit der erfindungsgemäßen Tropfenausstoßvorrichtung können die Tintentropfen mit hoher Effizienz ausgestoßen werden  
10 und es wird in typographischer Hinsicht eine hohe Qualität gewährleistet, da die Dimensionierung und Anordnung der Auslaßöffnung und ihrer unmittelbaren Umgebung besonders geschickt gestaltet ist.

Schließlich ist es bei der erfindungsgemäßen Tropfenausstoßvorrichtung möglich, die Tintenschicht und die Schicht  
15 des Übertragungsmediums, das die Schwingungen des piezoelektrischen Elementes überträgt, - die genannten beiden Schichten sind auf den gegenüberliegenden Seiten des passiven Vibrators angeordnet -, so miteinander zu ver-  
20 binden, daß die Schwingungen des passiven Vibrators, die unmittelbar die Druckwellen für die Tintenschicht ergeben, dadurch nicht beeinträchtigt werden.

Die zuvor erläuterten Vorteile einer erfindungsgemäßen Tropfenausstoßvorrichtung sind auch teilweise und insge-  
25 samt bei dem erfindungsgemäßen Tintenstrahldrucker verwirklicht.

Die Erfindung wird im folgenden anhand einer lediglich Ausführungsbeispiele darstellenden Zeichnung näher erläutert; es zeigt:

- 5      Figur 1    in einem Längsschnitt eine Tropfenausstoßvorrichtung gemäß der Erfindung,
- Figur 2 (a-d) ausschnittsweise den Gegenstand nach Fig. 1 zur Erläuterung der Funktionsweise der erfindungsgemäßen Tropfenausstoßvorrichtung,
- 10     Figur 3    ein Diagramm zur Erläuterung des Zusammenhanges zwischen der Dicke einer Scheibe und der Amplitude,
- 15     Figur 4 (a-d) Wellenformdiagramme zur Darstellung der Ergebnisse von Experimenten zur Feststellung der oberen und unteren Grenzen der Dicke der Scheibe,
- Figur 5    in schematischer Darstellung ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Tintenstrahldruckers,
- 20     Figur 6,7,8,9 in Längsschnitten weitere Ausführungsbeispiele einer erfindungsgemäßen Tropfenausstoßvorrichtung,
- Figur 10,11 in Längsschnitten Ausführungsbeispiele einer erfindungsgemäßen Tropfenausstoßvorrichtung mit einer Einziehung am Umfang der Ausstoßöffnung,
- 25     Figur 12 (a-c) Ausschnitte zur Erläuterung der Funktionsweise des Gegenstandes nach Fig. 10,

Figur 13,14 in Längsschnitten weitere Ausführungsbeispiele einer erfindungsgemäßen Tropfenausstoßvorrichtung, bei denen Tintenverbindungskanäle vorgesehen sind,

- 5    Figur 15,16 Frontansichten von Scheiben zur Verwendung bei einer Tropfenausstoßvorrichtung nach Fig. 14,

- 10    Figur 17    in einem vergrößerten Schnittbild ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Tropfenausstoßvorrichtung mit einem Tintenverbindungskanal und einer Einziehung,

Figur 18    im Längsschnitt ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Tropfenausstoßvorrichtung mit einem Luftabteil,

- 15    Figur 19    in schematischer Darstellung einen Tintenstrahldrucker mit einer Tropfenausstoßvorrichtung nach Fig. 18,

Figur 20    im Längsschnitt einen Einraum-Tintenkopf bekannter Art und

- 20    Figur 21    im Längsschnitt einen Zweiraum-Tintenkopf bekannter Art.

Zunächst wird unter Bezugnahme auf Fig. 1 die grundlegende Konstruktion einer Tropfenausstoßvorrichtung oder eines Tintenkopfes gemäß der Erfindung beschrieben. In dieser  
25    Figur ist ein Hauptkörper 19 des Kopfes vorgesehen, der

- aus rostfreiem Stahl gefertigt ist und die Form eines in Richtung der Längsachse verkürzten Zylinders hat. Der Hauptkörper 19 weist in seiner Mitte einen hornförmigen Hohlraum auf, der als Druckzelle 11 dient. Die Druckzelle 5 11 hat eine kleine Öffnung auf der Vorderseite (der Tintentropfenausstoßseite) des Hauptkörpers 19 und eine große Öffnung auf der Rückseite. Diese Öffnungen sind beide kreisförmig ausgestaltet. Die Druckzelle 11 ist symmetrisch in bezug auf eine imaginäre Achse ausgebil-
- 10 det, die die Zentren der vorderen und hinteren Öffnung verbindet bzw. symmetrisch in bezug auf die Mittelachse des Hauptkörpers 19. Die Öffnung 12 auf der Vorderseite der Druckzelle 11 hat einen Durchmesser  $d$  der Größenordnung 2 mm, während die rückwärtige Öffnung einen Durch-
- 15 messer hat, der fast dem Durchmesser  $D$  des Hauptkörpers 19, das sind etwa 10 mm, entspricht. Das Querschnittsprofil der Hüllfläche der Druckzelle 11 ist hyperbolisch, d.h. daß der Durchmesser von der Rückseite zur Vorderseite hin abnimmt.
- 20 Auf der Rückseite des Hauptkörpers 19 bzw. am Ende der Druckzelle 11 auf der Öffnungsseite mit großem Durchmesser, ist zur Abdeckung dieser Öffnung ein unimorphes piezoelektrisches Element 10 angeordnet, das denselben Durchmesser wie der Hauptkörper 19 hat, und aus einer
- 25 Metallscheibe und einer mit der Metallscheibe verklebten piezoelektrischen Keramikscheibe besteht. Das piezoelektrische Element 10 wird als Druckerzeuger verwendet und schwingt in bekannter Weise in Abhängigkeit von elektrischen Signalen in Form einer Sinuswelle usw., so
- 30 daß ein in die Druckzelle 11 eingefülltes Übertragungsmedium unter Druck gesetzt wird. Das in die Druckzelle 11 eingefüllte Übertragungsmedium 14 weist eine hohe Übertragungsrate für Schwingungen auf und wirkt gegenüber den



Restschwingungen des piezoelektrischen Elementes 10 dämpfend. Als Übertragungsmedium 14 kommen passend auswählbare Flüssigkeiten, wie z.B. Wasser, Tinte, Silikonöl, Quecksilber usw. in Frage, auch viskos-elastische  
5 Materialien wie z.B. Silikonfett usw. kommen in Frage und schließlich sind auch kolloidale Mischungen von Pulvern in Flüssigkeiten, wie z.B. magnetisierbaren Flüssigkeiten usw. anwendbar.

Die Vorderseite der Druckzelle 11, d.h. die Öffnung in  
10 der Druckzelle 11 mit geringerem Durchmesser, ist mit einer Scheibe 13 verschlossen, beispielsweise einer Metallscheibe, einer Harzscheibe, einer Gummischeibe, einer filmartigen Scheibe usw.

Aufgrund dieser Konstruktion wird der durch die Vibration  
15 des piezoelektrischen Elementes 10 erzeugte Druck vermittels des Übertragungsmediums 14 auf die dünne Scheibe 13 übertragen und, im Ergebnis, die Scheibe 13 in Vibrationen gemäß diesem Druck versetzt. Die Scheibe 13 arbeitet dabei als passiver Vibrator und überträgt den Druck  
20 auf eine Tintenschicht 16, so daß ein Tintentropfen ausgestoßen wird.

An der vorderen Umfangsfläche des Hauptkörpers 19 ist ein Stufenteil ausgebildet. An der Vorderseite des Stufenteiles wird eine Frontscheibe 15 gehalten, wobei  
25 in dem schmalen Spalt zwischen der Frontscheibe 15 und dem Hauptkörper 19 bzw. der Scheibe 13 ein Tintensumpf 20 ausgebildet ist. Über ein Kapillarröhrchen 18, das an eine Tintenzulauföffnung 21 angeschlossen ist, die in den Hauptkörper 19 zur Verbindung mit dem Tintensumpf  
30 20 gebohrt ist, wird dem Tintensumpf 20 Tinte zugeführt, so daß dort eine Tintenschicht 16 ausgebildet und gehalten

ten wird. Eine Auslaßöffnung 17 mit einem sehr kleinen Durchmesser der Größenordnung von 50  $\mu\text{m}$  ist in der Mitte der Frontscheibe gegenüber der Scheibe 13 ausgebildet.

Im folgenden wird die Funktionsweise der erfindungsgemä-  
5 sen Tropfenausstoßvorrichtung des zuvor erläuterten Auf-  
baus unter Bezugnahme auf die Figuren 2a bis 2d erläutert.  
Diese Figuren zeigen in vergrößerter Darstellung die  
Scheibe 13 und die Umgebung der Auslaßöffnung 17.

(a) dieser Figuren zeigt das Anfangsstadium dieser Ein-  
10 richtung, wenn dem piezoelektrischen Element 10 kein elek-  
trisches Signal zugeführt wird. In diesem Zustand wird  
die Scheibe 13 eben gehalten und die Tinte in der Auslaß-  
öffnung 17 ist unter der Wirkung des Atmosphärendrucks  
leicht nach innen gebogen. Sobald in diesem Zustand an  
15 das piezoelektrische Element 10 ein sinuswellenförmiges  
elektrisches Signal angelegt wird, wird zunächst während  
die Phase der Sinuswelle von 0 nach  $\pi/2$  fortschreitet,  
das piezoelektrische Element 10 nach außen (nach hinten)  
gewölbt. Dadurch wird in der Druckzelle 11 ein Unterdruck  
20 erzeugt, so daß die Scheibe 13 in Richtung der Seite der  
Druckzelle 11 gewölbt wird, wie das in Fig. 2b dargestellt ist.  
Gleichzeitig wird die Tinte in der Auslaßöffnung auf die  
Seite der Tintenschicht 16 gezogen, aber das Ausmaß des  
Soges ist so gering, daß keine Luft durch die Auslaß-  
25 öffnung eingesogen wird. Wenn dann die Phase über  
 $\pi/2 - \pi - 3\pi/2$  fortschreitet, kehrt das piezoelektrische Ele-  
ment 10 von seinem nach außen gewölbten Zustand zurück  
in den Zustand, den es vor Anlegen des elektrischen Sig-  
nales eingenommen hatte und schwingt stark weiter durch  
30 eine Wölbung in Richtung der Druckzelle 11. Diese Schwin-  
gung wird auf die Scheibe 13, die auf der Öffnung mit

dem kleineren Durchmesser angeordnet ist, über das Übertragungsmedium 14 übertragen, das in der hornförmigen Druckzelle 11 enthalten ist. Diese Druckzelle 11 hat eine hornartige Form mit einem Innendurchmesser, der sich von der Seite, an der das piezoelektrische Element 10 befestigt ist, zu der Seite der Scheibe 13 hin langsam vermindert. Dadurch wird die Schwingung des piezoelektrischen Elementes 10 verstärkt, je mehr sie sich der Scheibe 13 nähert, um schließlich konzentrisch auf die Scheibe 13 gelenkt zu werden. Dementsprechend wirkt die Druckzelle 11 als Druckverstärker, in dem nämlich der Betrag der Schwingung des piezoelektrischen Elementes 10 dadurch verstärkt wird, daß diese auf immer geringere Flächen konzentriert wird. Aus Fig. 2c ergibt sich, daß durch die druckverstärkte Schwingung des piezoelektrischen Elementes 10 die Scheibe 13 stark sinusförmig in Richtung auf die Tintenschicht 16 bewegt wird, so daß die Tinte in der Nachbarschaft der Scheibe 13 in Richtung auf die Seite der Auslaßöffnung 17 gedrückt und ein Tintenstreifen 22 aus der Auslaßöffnung 17 herausgepreßt wird.

Während der letzten Phase von  $3\pi/2$  bis  $2\pi$  kehrt das piezoelektrische Element 10 in seinen Ausgangszustand zurück. In der Druckzelle 11 entsteht dadurch ein Unterdruck und die Scheibe 13 wird dadurch in ihren ebenen Zustand zurückgebracht, wie das in Fig. 2d gezeigt ist. Dementsprechend wird der durch die Auslaßöffnung 17 hindurchragende Tintenstreifen 22 in Richtung auf die Tintenschicht 16 hineingesaugt. Die Spitze des Tintenstreifens 22 wird allerdings wegen der entgegen der Einsaugrichtung und der Oberflächenspannung wirkenden kinetischen Energie als Tintentropfen 23 abgelöst, wobei dieser Tintentropfen wegfliegt. Wenn das piezoelektrische Element in einem Be-

reich niedriger Frequenzen der Größenordnung 3 KHz arbeitet, wird jeweils nur ein Tintentropfen 23 erzeugt, während zwei bis drei Tropfen bei höheren Frequenzen in Abhängigkeit von der Schwingungsfrequenz und Amplitude erzeugt werden können.

Vergleicht man nun die erfindungsgemäße und zuvor erläuterte Tropfenausstoßvorrichtung, die dazu vorgesehen ist, die zuvor erläuterte Funktion auszuführen, mit dem in Fig. 21 dargestellten Zweiraumsystem, so stellt man fest, daß bei dem Zweiraumsystem das Diaphragma 98 nicht vibriert und eine Koppelöffnung 97 aufweist. Im Gegensatz dazu ist bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung in der Scheibe 13, die in einer Stellung angeordnet ist, die der Stellung des Diaphragmas 98 in bezug auf die Öffnung, durch die Tinte ausgestoßen wird, entspricht, kein Loch vorgesehen. Von besonderer Bedeutung ist es, daß, anders als das Diaphragma 98, diese Scheibe 13 in Abhängigkeit von den Schwingungen des piezoelektrischen Elementes 10 schwingt, und daß es diese Scheibe 13 selbst ist, die, in der Nachbarschaft der Ausstoßöffnung 17 angeordnet, direkt den notwendigen Ausstoßdruck auf die Tintenschicht 16 ausübt. Aus diesem Grunde ist es bei der Befestigung der Frontscheibe 15 bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung nur notwendig, die zuvor in der Frontscheibe 15 geöffnete Auslaßöffnung grob mit dem Mittelteil der Scheibe 13 auszurichten, wobei diese Scheibe um einiges größer als die Auslaßöffnung 17 ist. Auf diese Weise wird eine nahezu konstante Ausstoßcharakteristik erreicht, ohne Abweichungen bei verschiedenen einzelnen Produkten. Im Ergebnis kann die bislang notwendige präzise Ausrichtung der Koppelöffnung 97 gegenüber der Auslaßöffnung 93 entfallen, was zu merklichen Verbesserungen in der Anwendbarkeit und einer stabileren Qualität führt. Da die Schei-

be 13 eine erheblich geringere Fläche als die Tintenschicht 16 einnimmt, sind sowohl die Gefahr der Abscheidung von in der Tintenschicht gelöster Luft durch die Schwingungen der Scheibe 13 als auch die Gefahr des Einsaugens von  
5 Luft durch die Auslaßöffnung 17 nahezu ausgeschaltet. Da die Tintenschicht 16 dünn ist, wird auch kaum Luft eingesogen, wenn außerhalb des eigentlichen Ausstoßvorganges Vibrationen auftreten: Sollten gleichwohl aus irgendwelchen Gründen Luftblasen in die Tintenschicht 16 durch  
10 die Auslaßöffnung 17 eintreten, so werden sie durch die Auslaßöffnung 17 leicht wieder herausgedrückt, ohne in die Tintenschicht hineinzuwandern, da die Scheibe 13 nahe der Auslaßöffnung 17 schwingt und einen konzentrischen Druck auf die tintenhaltigen Luftblasen in der Nähe  
15 der Auslaßöffnung ausübt. Sofern das Übertragungsmedium 14 in der Druckzelle 11 einer adäquaten Vorbehandlung unterzogen und in die Druckzelle 11 ohne Luftblasen eingefüllt wird, kann das Auftreten eines Luftblasenproblems in bezug auf das Übertragungsmedium vollkommen verhindert  
20 werden.

Konkrete Daten einer Vorrichtung gemäß Fig. 1 ergeben sich aus dem folgenden Beispiel. Die Durchmesser  $D$  des Hauptkörpers 19, des piezoelektrischen Elementes 10 und der Frontscheibe 15 sind sämtlich zu 10 mm gewählt, der  
25 Durchmesser  $d$  der Öffnung auf der Vorderseite des Hauptkörpers 19 beträgt 2 mm und die Dicke  $T$  des Tintensumpfes 20, d.h. die Stärke der Tintenschicht 16, beträgt 300  $\mu\text{m}$ . Ein piezoelektrisches Element 10 vom unimorphen Typ wurde verwendet, das eine piezoelektrische Keramikscheibe auf  
30 einer Blei-Zirkon-Titanat-Basis aufwies. Als Scheibe 13 wurde eine 50  $\mu\text{m}$  dicke Folie aus rostfreiem Stahl benutzt. Wasser als Übertragungsmedium 14 wurde in die Druckzelle 11 nach Verschließen der rückseitigen Öffnung mit dem

piezoelektrischen Element 10 eingelassen. Anschließend wurde die Öffnung an der Vorderseite mit der Scheibe 13 verschlossen.

- 5 Mit der nach obigen Angaben konstruierten Vorrichtung wurde der angestrebte Ausstoß von Tintentropfen durch Anlegen einer Sinuswelle mit einer Frequenz von 20 KHz und einer Amplitude von 90 V erreicht. Vergleicht man diese Vorrichtung mit der bekannten Vorrichtung unter so weit wie möglich identischen Bedingungen, so haben
- 10 die mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung gezeichneten Punkte einen kleineren Durchmesser als jene, die man mit der bekannten Vorrichtung erzeugt, so daß die Wiedergabe eines Musters mit einer höheren Auflösung vollzogen werden kann.
- 15 Die Ursache für das zuvor erläuterte Ergebnis liegt möglicherweise darin, daß bei der bekannten Vorrichtung die Tinte, die von einem inneren Behälter 91a der Tintenzelle 91 durch die Koppelöffnung 97 herausgedrückt und in den äußeren Behälter 91b hineingepreßt wird, in der Nähe der
- 20 Auslaßöffnung 93 vorhandene Tinte mitreißt. Die Tinte wird dann durch die Auslaßöffnung gemeinsam mit der mitgerissenen Tinte ausgestoßen. Dementsprechend ist die Tintenmenge relativ groß, so daß größere Punkte erzeugt werden als mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung.
- 25 Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wurden die Abmessungsbedingungen der Auslaßöffnung 17 und der Scheibe 13 untersucht. Wie zuvor erläutert worden ist, muß auf dem Wiedergabeträger eine Auflösung von sechs Linien pro Millimeter erreicht werden. Da mit Rücksicht auf die Viskosität eine
- 30 wasserlösliche Tinte verwendet wird, wird als Wiedergabeträger ein stark hygroskopisches Papier verwendet. Die

den Wiedergabeträger erreichenden Tintentropfen haften an dem Wiedergabeträger und erweitern sich zu der zweifachen oder gar dreifachen Größe des Öffnungsdurchmessers der Auslaßöffnung 17. Aus diesem Grund wird der Durchmesser der Auslaßöffnung im allgemeinen in der Größenordnung von  $50\text{ }\mu\text{m}$  gewählt. Da jedoch die Tintentropfen, die mit der Vorrichtung nach der Erfindung erzeugt werden, kleiner sind als die von der konventionellen Vorrichtung erzeugten Tintentropfen, kann der Durchmesser der Auslaßöffnung größer als  $50\text{ }\mu\text{m}$  gewählt werden. Außerdem ist bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung entgegen der bekannten Vorrichtung eine präzise Ausrichtung der Auslaßöffnung und der Koppelöffnung nicht notwendig. Geringere Durchmesser der Auslaßöffnung als  $50\text{ }\mu\text{m}$  bringen gleichfalls keine Schwierigkeiten, wobei allerdings Durchmesser der Auslaßöffnung in der Größenordnung zwischen  $40$  und  $60\text{ }\mu\text{m}$  empfehlenswert sind.

Wie sich durch die erfindungsgemäß vorgenommenen Untersuchungen gezeigt hat, haben die Abmessungen der Scheibe 13 als passiver Vibrator, insbesondere ihre Dicke und der wirksame Durchmesser ihres schwingfähigen Teiles, d.h. der Durchmesser der Öffnung 12 auf der Vorderseite der Druckzelle 11, einen wesentlichen Einfluß auf die Wiedergabequalität. Fig. 3 zeigt die Ergebnisse tatsächlicher Messungen der Beziehung zwischen der Dicke (Abszisse) der Scheibe 13 und der Amplitude (Ordinate) bei  $d=2\text{mm}$ . Die Kurve A zeigt die Hauptschwingung, während die Kurve B die Restschwingung zeigt. Aus dem Diagramm ergibt sich deutlich, daß sowohl die Hauptschwingung als auch die Restschwingung größer wird, je geringer die Dicke  $t$  der Scheibe ist und geringer, je dicker die Scheibe ist. Wenn man also eine große Hauptschwingung anstrebt, so ist

dabei zu beachten, daß durch eine abnehmende Dicke  $t$  erzeugte große Hauptschwingungen auch zu großen Restschwingungen führen, so daß unnötigerweise Tintentropfen aufgrund der Restschwingungen ausgestoßen werden. Dementsprechend sollte die Dicke der Scheibe 13 sowohl eine untere als auch eine obere Grenze haben, um so eine angemessene Amplitude der Hauptschwingung zu gewährleisten.

Figur 4 zeigt einen Teil der Versuche, die zur Feststellung dieser Grenzen durchgeführt wurden. Fig. 4a zeigt dabei die Wellenform der dem piezoelektrischen Element 10 zugeführten Spannung. Demnach wurde in Abständen eine sinusförmige Spannung ( $50 \mu s$  pro Schwingung) mit einer Amplitude von 200 V von Spitze zu Spitze angelegt. Die Figuren 4b,c und d zeigen diagrammartig die Schwingungen der Scheibe 13 bei  $t=30 \mu m$ ,  $50 \mu m$  und  $80 \mu m$ . Die Schwingungen, die an den definierten Punkten entlang der Zeitachse, die der anregenden sinusförmigen Spannung entsprechen, sind die Hauptschwingungen, während die anderen die Restschwingungen sind. Die Amplituden von Spitze zu Spitze in den Hauptschwingungen für  $t=30$ ,  $50$  und  $80 \mu m$  sind  $9 \mu m$ ,  $3 \mu m$  und  $1,5 \mu m$ . Da bei  $t=30 \mu m$  die Amplitude der Restschwingung die zulässige obere Grenze erreicht, gibt dieser Wert die untere Grenze (für  $t$ ), während  $t=80 \mu m$  die obere Grenze ist, da bei diesem  $t$ -Wert die Amplitude der Hauptschwingung den zulässigen Minimalwert erreicht. Nahezu die gleichen Eigenschaften ergaben sich für einen Bereich von  $d=2 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ . Aus diesen Versuchen ergab sich am Ende der Schluß, daß es empfehlenswert ist, den Durchmesser der Auslaßöffnung zu 40 bis  $60 \mu m$  zu wählen, den Durchmesser des im wesentlichen nur schwingenden Teiles der Scheibe, der den passiven Vibrator bildet, zu 1 bis 3 mm zu wählen und schließlich die Dicke der Scheibe zu 30 bis  $80 \mu m$  zu wählen.



Fig. 5 zeigt in schematischer Darstellung einen Tintenstrahldrucker vom Bedarfstyp, bei dem eine Tropfenausstoßvorrichtung bzw. ein Tintenkopf verwendet wird, wie er zuvor beschrieben worden ist. Mit 30 ist hier der Tintenkopf bezeichnet, der unmittelbar vor einer Trommel 32 angeordnet ist, auf der ein Wiedergabeträger 31, z.B. normales Papier o.dgl., so aufgewickelt ist, daß sich für die Tintentropfen ein Flugweg von etwa 2 bis 5 mm ergibt. Eine auswechselbare Tintenpatrone 33 ist, mit Tinte gefüllt, mit dem Tintensumpf 20 im Tintenkopf 30 über Kapillarröhrchen 34 und 18 verbunden. Zwischen die Kapillarröhrchen 34 und 18 ist ein Verbindungsstück 35 geschaltet, das einen kleinen Hohlraum aufweist, in dem Filter angeordnet sind. Werden bei der so konstruierten Vorrichtung elektrische Signale von etwa 20 KHz dem zuvor genannten piezoelektrischen Element zugeführt, so werden Tintentropfen 23 durch die Auslaßöffnung 17 ausgestoßen, erreichen den rotierenden und hin und her bewegten Wiedergabeträger nach einem Flugweg von 2 bis 5 mm und bilden auf diesem Tintenpunkte.

Im folgenden wird ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Tropfenausstoßvorrichtung beschrieben. In der in Fig. 6 dargestellten Vorrichtung ist der passive Vibrator Teil des Hauptkörpers 19. Die Vorderseite der Druckzelle 11 wird bei der Herstellung der Zelle nicht durchbohrt, aber der Teil, der als passiver Vibrator verwendet werden soll, wird durch Schneiden, Schleifen o.dgl. ausgedünnt. Diese Vorrichtung benötigt eine lange Zeit zur Herstellung, bei ihr ist aber die Gefahr beseitigt, daß die Scheibe 13 möglicherweise abgerissen wird.

Bei dem in Fig. 7 dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Druckzelle 11 als abgestufter Kreiszylinder ausge-

führt, der auf der Seite des piezoelektrischen Elementes 10 einen größeren und auf der Seite der Scheibe 13 einen kleineren Durchmesser aufweist.

Wie sich aus dem zuvor erläuterten Ausführungsbeispiel 5 ergibt, ist die Form der Druckzelle 11 nicht auf eine hornartige Ausgestaltung beschränkt, sondern jedwede Form ist verwendbar, bei der eine Verstärkung und Übertragung der Schwingungen des piezoelektrischen Elementes 10 auf den passiven Vibrator erreicht wird.

10 Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 8 weist der Tintensumpf 20 an seinem Umfang eine kreisringförmige Nut 20a auf. Ein derartig ausgestalteter Tintenkopf ist aus der japanischen Patentanmeldung 54/10253 (1979) bekannt. Die Tiefe der Nut 20a ist größer als die Dicke der Tintenschicht um die Scheibe 13 herum. Durch diese Konstruktion 15 kann eine Stabilisierung des Ausstoßes von Tintentropfen erreicht werden.

Bei dem in Fig. 9 dargestellten Ausführungsbeispiel fällt auf, daß hier der Tintenkopf horizontal angeordnet ist, 20 daß die Scheibe 13 auf der Oberseite angeordnet ist und daß die Frontscheibe 15 fehlt. Dies ist möglich, da bei dieser Konstruktion die Dicke der Tintenschicht ohne Benutzung einer Frontscheibe 15 gleichmäßig erhalten werden kann. Überraschenderweise ist es hier möglich, 25 Tintentropfen eines spezifischen Durchmessers trotz der Abwesenheit einer Auslaßöffnung 17 auszustoßen. Dieser Aufbau benötigt keine Frontscheibe und erlaubt so eine erheblich einfacheren Herstellung der Vorrichtung. Schließlich kann eine Vorrichtung ohne Frontscheibe 15 sogar 30 auch in vertikaler Anordnung verwendet werden, jedoch muß

eine solche Vorrichtung durch eine komplizierte Konstruktion des Hauptkörpers 19 so passend aufgebaut sein, daß die Tintenschicht 16 durch Ausnutzung ihrer Oberflächenspannung an einem Abgleiten gehindert wird.

- 5 Weitere Ausführungsbeispiele werden im folgenden unter Bezugnahme auf die Figuren 10 bis 12 erläutert. Diese Ausführungsbeispiele sind durch eine Einziehung 24 gekennzeichnet, die auf dem Umfang der Auslaßöffnung 17 auf der Innenseite der Frontscheibe 15 ausgebildet ist.
- 10 Hinsichtlich der verschiedenen Ausgestaltungen der Einziehung ergibt sich aus den Figuren 10 und 12 eine Einziehung mit einer konzentrisch umlaufenden und senkrecht zu der Scheibe 13 stehenden Fläche und aus Fig. 11 eine Einziehung, die konisch und konzentrisch zu der Auslaß-
- 15 Öffnung 17 mit einem in Richtung der Auslaßöffnung 17 abnehmenden Durchmesser verläuft.

- Die Ausgestaltung dieser Ausführungsbeispiele ist tatsächlich vorteilhaft in bezug auf die Ausnutzung der Schwingungen der Scheibe 13 zum Ausstoß von Tintentropfen.
- 20 Da der Widerstand, den die Frontscheibe 15, in der die Auslaßöffnung 17 vorgesehen ist, gegenüber der Tinte darstellt, von der Dicke der Frontscheibe 15 abhängt, muß deren Dicke möglichst gering sein. Um aber Resonanzschwingungen der Frontscheibe zu vermeiden, kann sie auch nicht
- 25 allzu dünn gemacht werden. Es ergeben sich also die Möglichkeiten, entweder keinen effektiven Ausstoß zu gewährleisten oder aufgrund von Resonanzen unstabil zu werden.

- Entsprechend der Erfindung wird in diesem Zusammenhang
- 30 ein effektiver Ausstoß dadurch erreicht, daß der für den Widerstand gegenüber dem Ausstoß eines Tintenstreifens

relevante Teil durch Anbringung der Einziehung 24 dünn gestaltet wird. Der Bereich außerhalb dieses Teiles, zumindest der Bereich außerhalb der genannten Einziehung 24, wird demgegenüber zur Vermeidung von Resonanzen dick 5 gestaltet. Auf diese Weise wird es möglich, einen sowohl stabilen als auch effektiven Ausstoß von Tintentropfen zu gewährleisten.

Der Durchmesser der Einziehung 24 auf der Seite der Scheibe 13 sollte in der Größenordnung des Durchmessers des 10 im wesentlichen allein schwingenden Teiles der Scheibe 13 liegen, d.h. in der Größenordnung des Durchmessers d der Öffnung 12 in der Druckzelle 11.

Da zur Einstellung der Größe der Tintentropfen im wesentlichen nur der Durchmesser der Auslaßöffnung 17 bzw. der 15 Durchmesser der Öffnung auf der Vorderseite der Frontplatte 15 von Bedeutung ist, sollte der Durchmesser der Auslaßöffnung 17, wie zuvor erläutert, unabhängig davon, ob eine Einziehung 24 vorgesehen ist oder nicht, zu 40 bis 60  $\mu\text{m}$  gewählt werden. Darüber hinaus sollte der 20 Kegelwinkel der konischen Einziehung 24, die in Fig. 11 dargestellt ist, im Bereich zwischen 30° und 60° gegenüber der Mittellinie der Auslaßöffnung 17 gewählt werden.

Der Verlauf des Ausstoßes von Tintentropfen bei dem mit einer Einziehung 24 versehenen und in Fig. 10 dargestellten 25 Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung wird im folgenden unter Bezugnahme auf die Figuren 12a bis c beschrieben:

Wenn zunächst kein elektrisches Signal an das piezoelektrische Element 10 gegeben wird, wird die Scheibe 13 in 30 ihrer ebenen Stellung wie in Fig. 12a gehalten. Wird nun

ein elektrisches Signal in Form einer Sinuswelle dem piezoelektrischen Element 10 zugeführt, so schwingt das piezoelektrische Element 10 sinusförmig rückwärts, wie das in Fig. 12b dargestellt ist. Dabei wird insbesondere in der Nähe der Einziehung 24 Tinte in den Tintensumpf 20 eingesogen.

Anschließend schwingt die Scheibe 13 in Richtung der Seite der Tintenschicht 16, wie das in Fig. 12c dargestellt ist. Aufgrund dieses Wölbungsvorganges wird die Tinte in der Nähe der Scheibe 13 in einen Strom in Richtung auf die Auslaßöffnung 17 und einen Strom in Richtung senkrecht dazu geteilt. Der letztgenannte Strom wird jedoch aufgrund des Vorhandenseins der umlaufenden Fläche der Einziehung 24 an einer Verteilung gehindert. Aus diesem Grunde wandert die diesbezügliche Tinte gleichfalls auf die Seite der Auslaßöffnung 17, da dort der Strömungswiderstand gering ist, wie das durch die Pfeile in Fig. 12c angedeutet ist. Aus diesem Grunde wird der Ausstoß von Tintentropfen verbessert.

Bei der in Fig. 11 dargestellten Bauweise verhält sich die Tinte fast in der gleichen Weise wie im zuvor erläuterten Ausführungsbeispiel. Neben der Weichheit, mit der hier der Tintenfluß geführt wird, ist es hier besonders vorteilhaft, daß die Herstellung der Einziehung 24 leicht zu bewerkstelligen ist.

Im folgenden wird eine Struktur beschrieben, bei der die Druckzelle 11 und der Tintensumpf 20 in Verbindung stehen bzw. bei dem Tinte als Übertragungsmedium in der Druckzelle 11 verwendet wird. Ein Tintenkanal 25 verbindet die Tinte in der Druckzelle 11 mit der Tinte in dem Tintensumpf 20, d.h. der Tintenschicht 16 und kann überall aus-

gebildet sein außer dort, wo der passive Vibrator bzw. die Scheibe 13 angeordnet ist. Es ist allerdings auch möglich, daß er in dem passiven Vibrator bzw. der Scheibe 13 ausgebildet ist.

- 5 Zunächst wird erläutert, warum ein solcher Tintenkanal 25 vorgesehen wird. Wird die Scheibe 13 befestigt, nachdem das Übertragungsmedium 14 in die Druckzelle 11 eingefüllt worden ist, so treten keine Probleme auf. Für die industrielle Herstellung geeigneter ist es jedoch, wenn zu-
- 10 nächst die Öffnung der Druckzelle 11 durch Befestigung der Scheibe 13 geschlossen wird und dann erst das Übertragungsmedium 14 eingefüllt wird. In diesem Fall ist es zweckmäßig, wenn, wie in den Figuren 13 und 14 gezeigt, an der Spitze des Hauptkörpers 19 eine Öffnung ausgebil-
- 15 det ist, die als Füllstutzen 26 für das Übertragungsmedium dient und mit dem randseitigen Teil der Druckzelle 11 in Verbindung steht. In diesem Fall wird das Übertragungsmedium 14 in die Druckzelle 11 durch diesen Füllstutzen 26 eingefüllt, während gleichzeitig Luft aus der
- 20 Druckzelle abgesogen wird. Anschließend wird dann der Füllstutzen 26 mit Hilfe eines Schraubverschlusses 27 und eines Dichtringes 28 verschlossen. Wenn, anders als bei den Konstruktionen in den Figuren 13 und 14, eine Konstruktion Verwendung findet, bei der die Druckzelle 11
- 25 und der Tintensumpf 20 nicht in Verbindung miteinander stehen, und wenn der Schraubverschluß 27 zu weit eingeschraubt wird, dann wird die Scheibe 13 vorwärts gedrückt und zur Seite der Auslaßöffnung hin gewölbt. In diesem Fall aber kann die Scheibe 13 nicht mit einem guten Kopp-
- 30 lungsgrad schwingen, wenn das piezoelektrische Element 10 angesteuert von dem elektrischen Signal schwingt. Im Ergebnis kann dann ein Ausstoß von Tintentropfen nicht erfolgen. Das zuvor erläuterte Problem kann jedoch durch

einen konstruktiven Aufbau beseitigt werden, bei dem die Druckzelle 11 mit dem Tintensumpf 20 über den Tintenkanal 25 in der in den Figuren 13 und 14 dargestellten Weise in Verbindung steht. Selbst dann, wenn hier der Schraubverschluß 27 zu stark eingeschraubt wird, hat das allein den Effekt, daß ein und derselbe Druck auf beide Seiten der Scheibe 13 ausgeübt wird und das Phänomen, daß die Scheibe 13 sich wölbt, obwohl dem piezoelektrischen Element 10 kein elektrisches Signal zugeführt wird, tritt nicht auf.

Bei dem in Fig. 13 dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Tintenkanal 25, der die entsprechenden Randbereiche der Druckzelle 11 und des Tintensumpfes 20 miteinander verbindet, an der Oberseite des Hauptkörpers 19 angeordnet und der Füllstutzen 26 für die Tinte ist mit diesem Tintenkanal 25 verbunden. Die Anordnung eines solchen Tintenkanals 25 darf jedoch nicht die unten erwähnte Schwierigkeit hervorrufen. Diese Schwierigkeit besteht darin, daß die Druckänderung, die auftritt, wenn das piezoelektrische Element 10 durch Beaufschlagung mit einem elektrischen Signal in Schwingung versetzt wird, über den Tintenkanal 25 in den Tintensumpf 20 leckartig vermittelt wird. Dadurch wird die Schwingung der Scheibe 13 beeinflußt. So etwas darf nicht auftreten. Das bedeutet, daß der Tintenkanal 25 in der Lage sein sollte, den Druck der Tinte in der Druckzelle und der Tintenschicht 16 gleichzuhalten, wenn keine Tinte ausgestossen wird oder wenn der Füllstutzen für die Tinte nach erfolgter Füllung mit einem Schraubverschluß verschlossen wird, daß ein solcher Tintenkanal aber niemals Schwingungen der Scheibe 13 aufgrund von Schwingungen des piezoelektrischen Elementes 10 wesentlich behindern darf.

Wenn der Durchmesser des Tintenkanals 25 bei Anordnung des Tintenkanals 25 an der Oberseite des Hauptkörpers 19 in der Größenordnung von 200 bis 500  $\mu\text{m}$  liegt, so kann er größer gewählt werden als eine entsprechende Öffnung, wenn diese in der Scheibe 13 selbst vorgesehen ist, wie das später erläutert wird. Der Durchmesser des Tintenkanals 25 kann bei der Vorrichtung gemäß dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 13 vergleichsweise groß gewählt werden. Das hat folgenden Grund: Da die Scheibe 13 an dem Teil geringen Durchmessers befestigt ist, wird der durch die Schwingung des piezoelektrischen Elementes 10 erzeugte Druck ihr nach erfolgter Verstärkung zugeführt. Der von dem piezoelektrischen Element 10 erzeugte Druck wird aber dem Tintenkanal 25 unverändert zugeführt. Dieser Druck ist aber relativ gering, da er im Randbereich des piezoelektrischen Elementes erzeugt wird.

Bei dem in Fig. 14 dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Tintenkanal 25 direkt in der Scheibe 13 bzw. dem passiven Vibrator vorgesehen. Auch bei diesem Ausführungsbeispiel ist es, ähnlich wie zuvor, von besonderer Bedeutung, daß der Tintenkanal 25 dazu in der Lage sein muß, den Tintendruck in der Druckzelle und der Tintenschicht 16 gleichzuhalten, wenn keine Tinte ausgestoßen wird, daß die Existenz des Tintenkanals aber die Schwingungen der Scheibe 13 aufgrund der Schwingungen des piezoelektrischen Elementes 10 nicht wesentlich behindert. Dies ist gerade der Unterschied bzw. der springende Punkt dieses Ausführungsbeispieles, der es deutlich von dem aus dem Stand der Technik bekannten Zweiraumsystem unterscheidet. Zwar liegt scheinbar eine mit dem bekannten Zweiraumsystem analoge Struktur vor, da beispielsweise die Druckzelle 11 und der Tintensumpf 20 mit Tinte gefüllt sind und da in der Scheibe 13, die die Druckzelle 11 von



dem Tintensumpf 20 abteilt, ein Loch vorgesehen ist. Das in Fig. 21 dargestellte Diaphragma 98, das selber niemals wesentlich schwingt, kann aber nur als deutlich unterscheidbar von der Scheibe 13, die ja selbst schwingt, bezeichnet werden, wobei die Scheibe 13 im Gegensatz zu dem Diaphragma 98 trotz des darin vorgesehenen Tintenkanals 25 direkt zum Ausstoß von Tintentropfen beiträgt.

In den Figuren 15 und 16 sind zwei Anordnungen des Tintenkanals 25 in der Scheibe 13 gezeigt. Der Tintenkanal 25 in Fig. 15 ist eine runde Öffnung an der Peripherie des tatsächlich schwingenden Teiles der Scheibe 13 bzw. dem Rand der Öffnung 12 der Druckzelle 11. Der Tintenkanal 25 in Fig. 16 besteht aus vier bogenförmigen Schlitzten, die jeweils in einem Quadranten angeordnet sind.

Der Durchlaßquerschnitt und die Stellung des Tintenkanals 25 muß vorsichtig und genau gewählt werden, damit diese Tintenkanäle 25 die Bedingungen erfüllen können, nämlich einerseits den Tintendruck auf beiden Seiten der Scheibe gleichzuhalten, wenn keine Tinte ausgestoßen wird und andererseits die Scheibe 13 leicht infolge der Schwingung des piezoelektrischen Elementes 10 schwingen zu lassen, ohne deren Schwingung zu beeinflussen, wenn Tinte ausgestoßen werden soll. Bei dem in Fig. 15 dargestellten Beispiel konnte der angestrebte Ausstoß von Tintentropfen bei einem Querschnitt des Tintenkanales von 30 bis 70  $\mu\text{m}$  und einer Dicke der Scheibe von  $d=2\text{ mm}$  erzielt werden.

Da der wählbare Durchmesser des Tintenkanales um so größer wird und die Schwingung der Scheibe um so weniger beeinflußt wird, je näher an der Peripherie des im wesentlichen allein schwingenden Teiles der Scheibe angeordnet ist, sollte der Tintenkanal tatsächlich vorteilhafterweise

an der Peripherie des besagten Teiles in der zuvor erläuterten Weise angeordnet sein. Der Mittelbereich, der der Auslaßöffnung direkt gegenüberliegt, muß ausgespart werden. Würde der Tintenkanal in der Mitte der Scheibe angeordnet sein, so daß der Tintenkanal 25 und die Auslaßöffnung 17 miteinander ausgerichtet wären, so würde der über die Tinte im Inneren der Druckzelle übertragene Druck seinen Weg durch den Tintenkanal und die Auslaßöffnung nach außen nehmen. Dadurch würde der Tintenstreifen mit einer ähnlichen Bewegung der Tinte ausgestoßen, wie bei den Vorrichtungen nach dem Stand der Technik. In diesem Fall würde die Schwingung der Scheibe 13 zweifelsfrei erheblich geschwächt und darüber hinaus würde, da anders als das Diaphragma 98 die Scheibe 13 nicht steif ist, die Ausstoßgeschwindigkeit des Tintenstreifens erheblich abgeschwächt, so daß die Bildung vernünftiger Tintenpunkte behindert würde. Berücksichtigt man dies und berücksichtigt man ferner die mögliche Genauigkeit und die Handhabungsmöglichkeiten bei der Befestigung der Scheibe 13 an ihrem Platz, so kommt man dazu, den Tintenkanal 25 vorzugsweise außerhalb eines Kreises mit einem Radius anzuordnen, der der Hälfte des Radius des Kreises entspricht, der den im wesentlichen schwingenden Teil der Scheibe 13 anzeigt (die gestrichelte Linie in den Figuren 15 und 16).

Figur 17 zeigt einen vergrößerten Längsschnitt eines Ausführungsbeispiels, bei dem der Tintenkanal 25 in der Scheibe 13 ausgebildet ist und bei dem eine Einziehung 24 um die Auslaßöffnung 17 der Frontscheibe 15 gebildet ist. Die Einziehung 24 ist in diesem Ausführungsbeispiel aus einem kleinen konischen Teil 24a, der in Richtung auf die Auslaßöffnung 17 zusammenläuft, und einem großen Trogteil 24b zusammengesetzt. Der Trogteil 24b weist hier eine

ansteigende äußere Randfläche auf, deren Durchmesser sich in Richtung der Auslaßöffnung vermindert. Der Durchmesser der Öffnung auf der Seite des Trogteiles 24b mit dem größeren Durchmesser ist etwas geringer als der Durchmesser der Öffnung 12 der Druckzelle 11. Der Winkel der Oberfläche des konischen Teiles 24a gegenüber der Mittellinie der Auslaßöffnung (in der Figur durch eine strichpunktiierte Linie dargestellt) sollte zu 30° bis 60° gewählt werden, wie zuvor schon angegeben. Der Tintenkanal 25 in der Scheibe 13 muß außerhalb einer Kreislinie angeordnet sein, die durch die Schnittlinie der verlängerten Fläche des konischen Teiles 24a (in der Figur durch die zweifach strichpunktiierten Linien angezeigt) und der Scheibe 13 gebildet wird. Mit dieser Konstruktion kann der geringe Tintenleckstrom, der durch den Tintenkanal 25 aufgrund des Druckes, der über das Übertragungsmedium 14 (Tinte) innerhalb der Druckzelle 11 übertragen wird, praktisch nicht den Tintenstrom stören, der durch den konischen Teil 24a aufgrund von Schwingungen der Scheibe 13 in Richtung auf die Auslaßöffnung hin fließt. Mit anderen Worten beeinflußt die Tinte, die durch den Tintenkanal 25 hindurchtritt, die Schwingung der Scheibe 13 abgesehen von dem zuvor genannten Leckstrom nicht.

Bei dem in Figur 18 dargestellten weiteren Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung wird eine weitere Verbesserung der Wiedergabequalität mit Tintenkugeln dadurch erreicht, daß der Ausstoß der Tintenkugeln durch die Auslaßöffnung 17 mittels eines Luftstromes beschleunigt wird. In Figur 13 ist ein entsprechender Tintenstrahldrucker gemäß diesem Ausführungsbeispiel dargestellt. Die Vorrichtung nach diesem Ausführungsbeispiel weist alle zuvor erläuterten Teile auf, d.h. eine

Nut 20a des Tintensumpfes 20, eine konische Einziehung 24 auf der äußeren Umfangsfläche der Auslaßöffnung 17 an der Innenseite der Frontscheibe 15 und einen Tintenkanal 25 in Form einer Bohrung an der Peripherie des im wesentlichen schwingenden Teiles der Scheibe 13. Dieses Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von den zuvor erläuterten Ausführungsbeispielen dadurch, daß vor der Frontscheibe 15 eine weitere Deckscheibe 40 angeordnet ist, so daß zwischen ihr und der Frontscheibe 15 ein Luftabteil 41 gebildet wird. Im Mittelteil der Deckscheibe 40 ist gegenüber der Auslaßöffnung 17 eine Durchlaßöffnung 42 für Tintentropfen vorgesehen, so daß die Luft, die dem Luftabteil 41 zugeführt wird, durch die Durchlaßöffnung 42 als eine Art Auspufföffnung nach außen gedrückt wird. Auf diese Weise werden die von der Auslaßöffnung 17 her ausgestoßenen Tintentropfen 23 mittels der ausströmenden Luft beschleunigt. Zur Bildung des Luftabteiles 41 ist der äußere Rand des Hauptkörpers 19 etwas vorgezogen. Innerhalb dieses vorgezogenen Teiles ist eine Nut 41a vorgesehen, die einen Teil des Luftabteiles 41 bildet und ringförmig ausgestaltet ist. In einem bestimmten Bereich dieser Nut 41a ist eine Durchtrittsöffnung auf der Rückseite des Hauptkörpers 19 ausgebildet und mit einem Luftauslaß einer Luftpumpe 43 verbunden. Die Deckscheibe 40 ist auf der vorderen Oberfläche des zuvor genannten vorgezogenen Teiles des Hauptkörpers 19 angeordnet. Die Durchlaßöffnung 42 für die Tintentropfen ist so ausgestaltet, daß sie einen genügend großen Durchmesser im Vergleich zur Auslaßöffnung 17 hat. Beide Löcher sollten mit ihren Zentren zueinander ausgerichtet sein, geringe Abweichungen sind aber zulässig.

In Figur 19 ist eine auswechselbare Tintenpatrone 33 vorgesehen. Ein Tinte enthaltender Sack 33a ist mit dem

Tintensumpf 20 und der Druckzelle 11 über Kapillarröhrchen 46, 47 und 18 mit einem Filter 44 und einem Kontrollventil 45 dazwischen verbunden. In ein den Sack 33a aufnehmendes Gehäuse 33b wird von einer Luftpumpe 43 her  
5 Luft gepumpt, so daß der Druck innerhalb des Gehäuses 33b etwas größer als der Atmosphärendruck ist, so daß dadurch der Sack 33b etwas zusammengepreßt wird. Die Tintenpatrone 33 ist unterhalb des Tintenkopfes der Anordnung in Fig. 18 angeordnet. Das Kontrollventil 45 ist so konstruiert,  
10 daß der Tintenstrom in Richtung des Tintenkopfes 50 frei ist, daß aber ein Tintenstrom in Richtung der Tintenpatrone 33 verhindert wird.

Bei dem zuvor beschriebenen Tintenstrahldrucker wird die Luftpumpe 43 nur während der Wiedergabezeit angetrieben.  
15 Dementsprechend hat die Tinte im Sack 33a einen geringeren Druck als die Tinte im Tintensumpf 20 während der Abschaltzeit, da die Tintenpatrone unterhalb des Tintenkopfes 50 angeordnet ist und das Kontrollventil fehlerfrei schließt. In diesem Fall kann die zwischen dem Tintenkopf 50 und dem Kontrollventil 45 befindliche Tinte bei  
20 geschlossenem Kontrollventil 45 im Gleichgewicht gehalten werden, so daß ein Eintreten von Luft durch die Auslaßöffnung 17 verhindert wird.

Wenn der Wiedergabevorgang bei laufender Luftpumpe 43 beginnt, wird durch Schwingungen der Scheibe 13 die Tinte  
25 der Tintensicht 16 durch die Auslaßöffnung 17 ausgestoßen und dann von der Luft beschleunigt, die von der Luftpumpe 43 her zugeführt wird, in dem Luftabteil 41 anlangt und schließlich durch die Durchlaßöffnung 42 für  
30 die Tintentropfen entladen wird. Die so beschleunigten Tintentropfen 23 fliegen auf den Wiedergabeträger 31, der auf die Trommel 32 aufgewunden ist und bilden dort Tinten-

punkte. Mit zunehmendem Verbrauch der Tintenschicht 16 des Tintensumpfes 20 sinkt hier der Druck unter den Tintendruck in dem Sack 33a, der ja durch die Zufuhr von Luft von der Luftpumpe 43 her erhöht worden ist.

5 Nun öffnet das Kontrollventil 45 und es wird Tinte nachgefüllt in den Tintensumpf 20 bis der hier vorliegende Unterdruck abgebaut ist. Auf diese Weise kann der Ausstoß von Tintentropfen fortgeführt werden, ohne daß der Tintennachschub abreißt und ohne daß Luft in die Tintenschicht

10 16 eintritt.

Wie zuvor im einzelnen erläutert worden ist, ist die Vorrichtung gemäß der Erfindung so aufgebaut, daß der passive Vibrator durch Druckschwankungen in Schwingungen versetzt wird, die von Schwingungen eines Druckerzeugers her stammen

15 (der Druckerzeuger kann auch ein anderer als das zuvor erläuterte piezoelektrische Element vom unimorphen Typ sein und entweder piezoelektrische Elemente des bimorphen Types oder andere schwingungsfähige Elemente auf Basis der Lorentz-Kraft aufweisen). Aufgrund dieser

20 Schwingungen jedenfalls wird die Tinte ausgestoßen. Eine solche Konstruktion ist leicht aufzubauen und erlaubt es, eine gleichmäßige Ausstoßcharakteristik zu erzielen und die Gefahr des Einsaugens von Luft merkbar zu verringern.

.36.  
Leerseite

3123796  
B41 J 3/04  
16. Juni 1981  
11. März 1982

FIG. 3

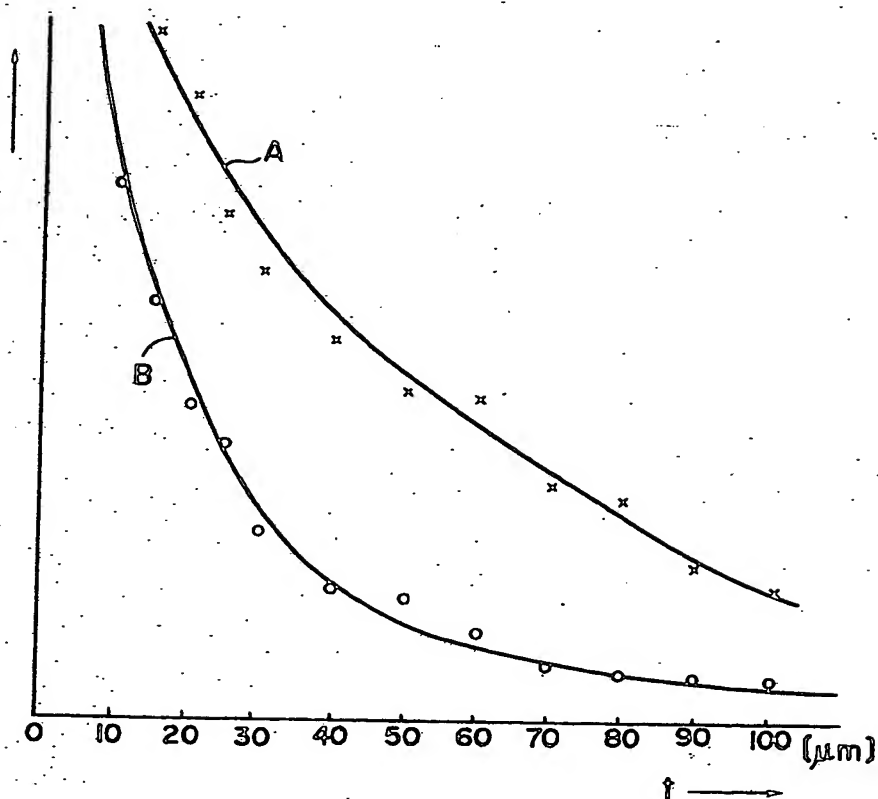




FIG. 2

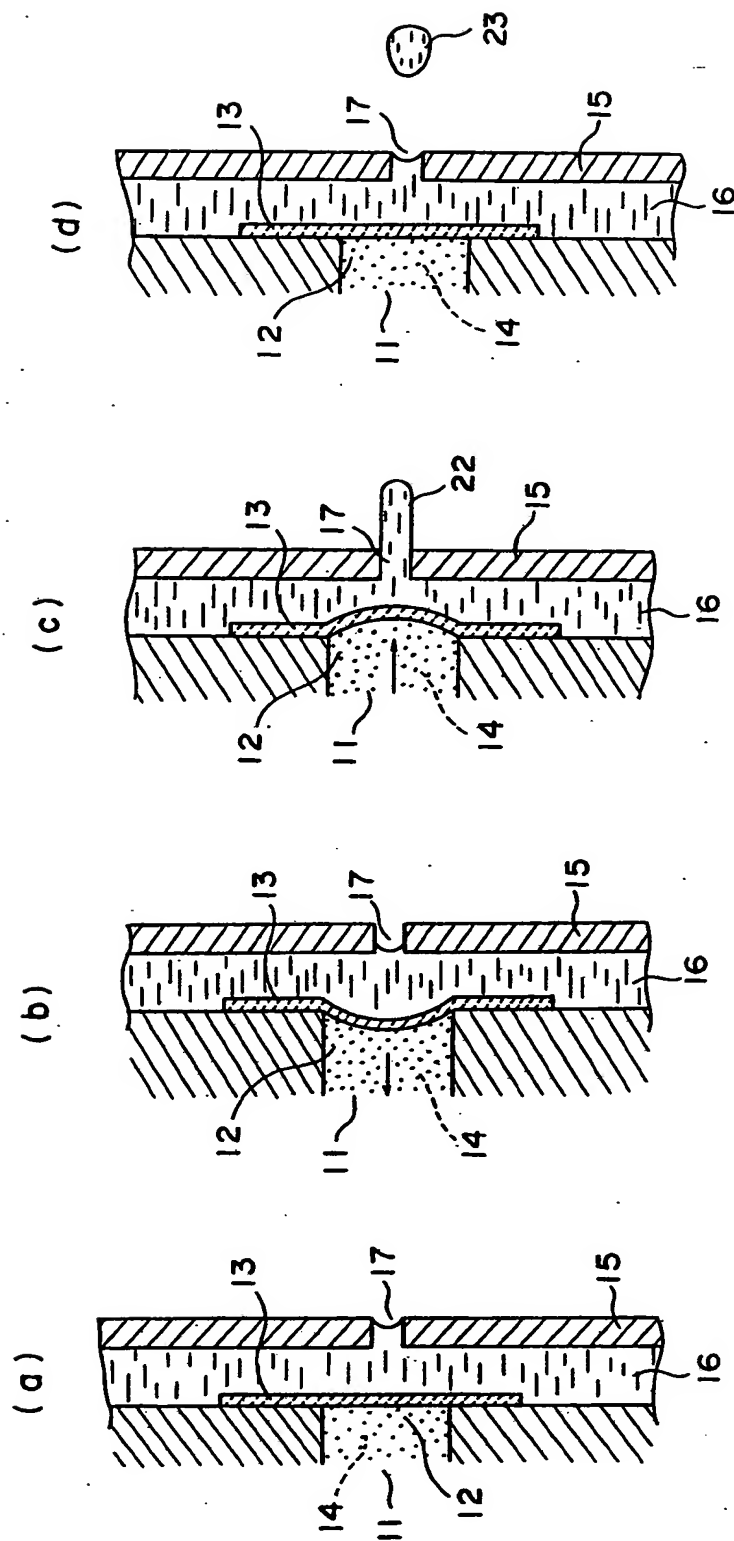


FIG. 4

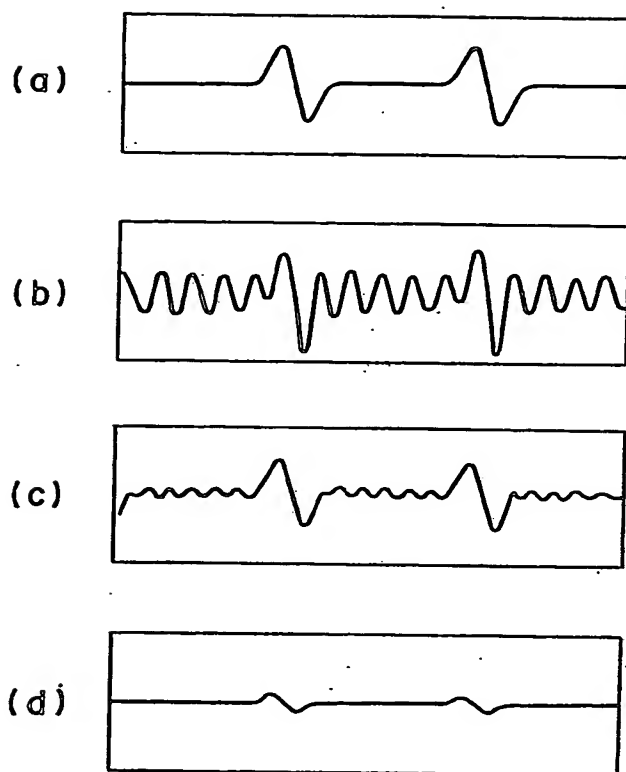


FIG. 5

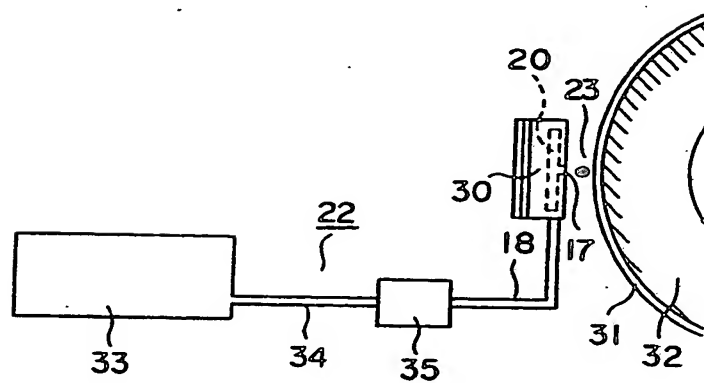


FIG. 6

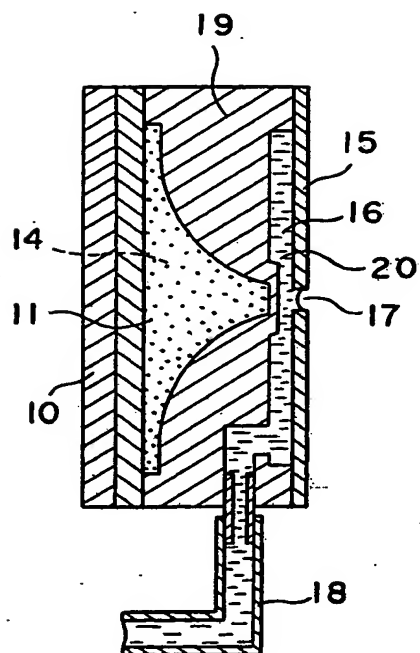


FIG. 7

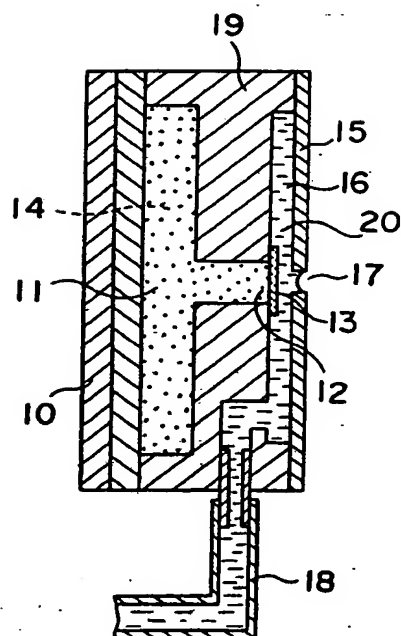


FIG. 8

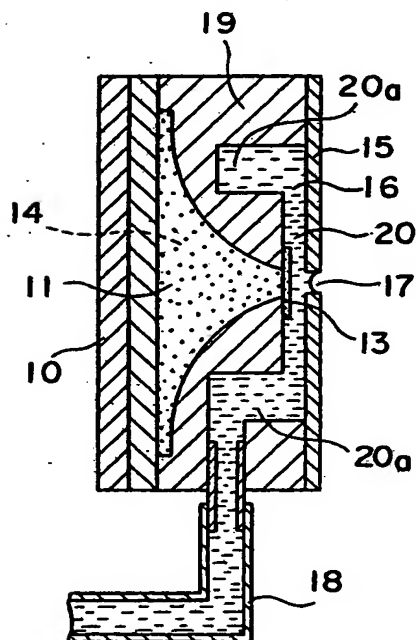


FIG. 9

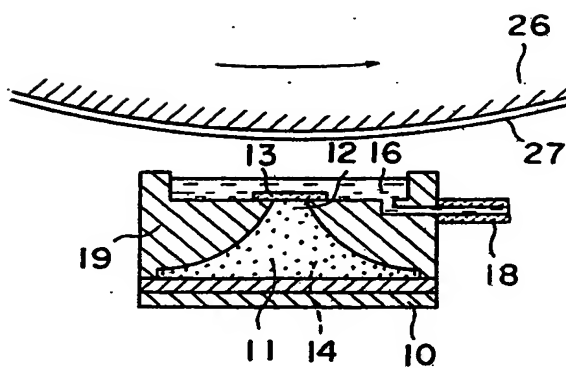


FIG. 10

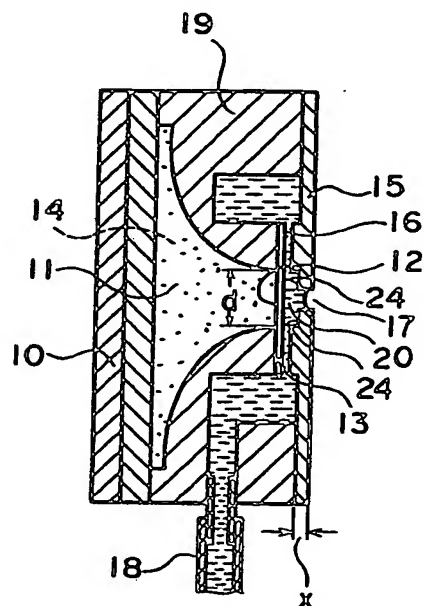


FIG. 11

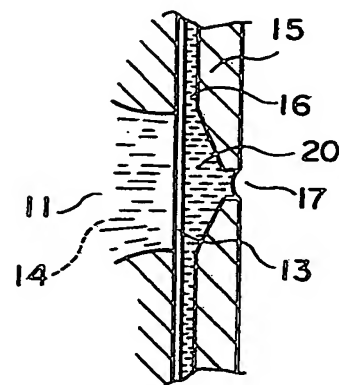


FIG. 12

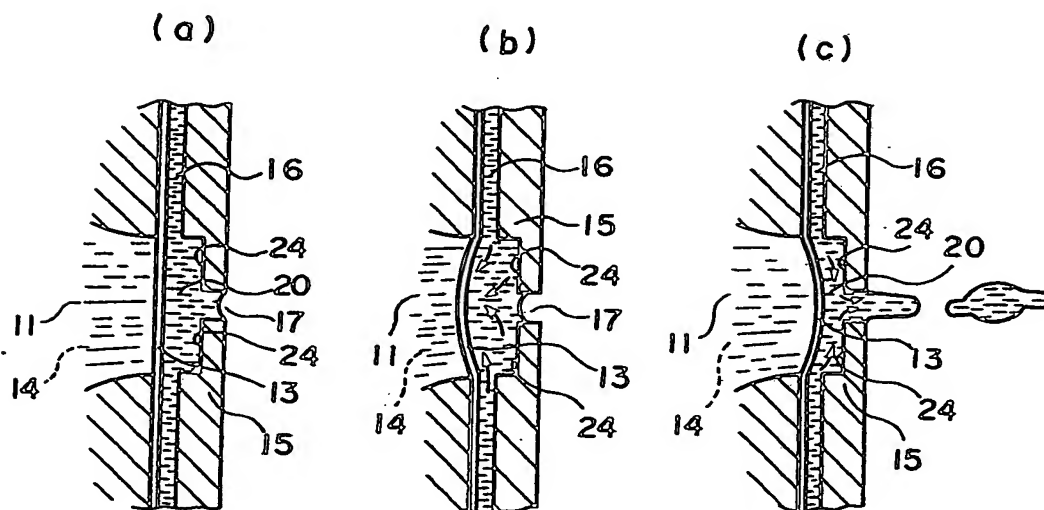


FIG. 13

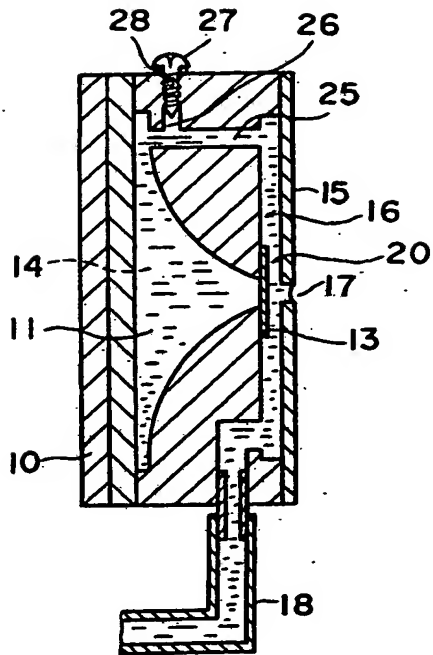


FIG. 14

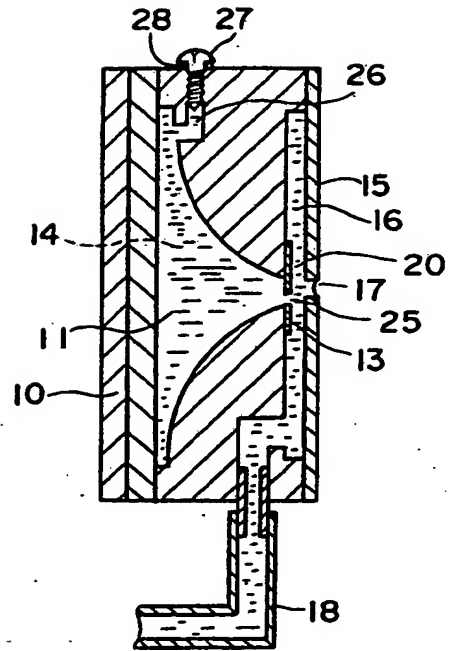


FIG. 15

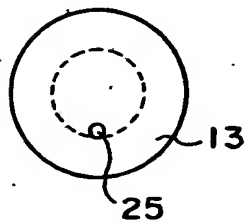


FIG. 16

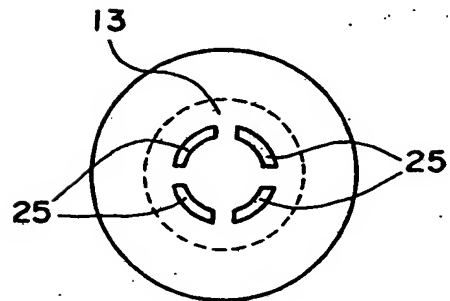


FIG. 17

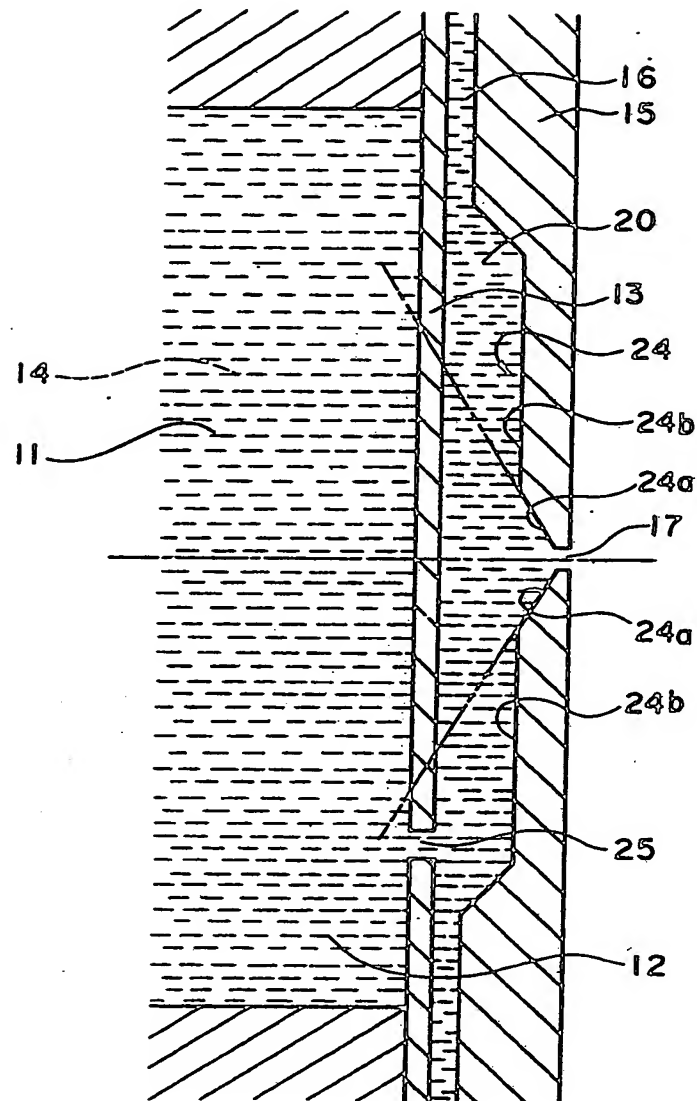


FIG. 18

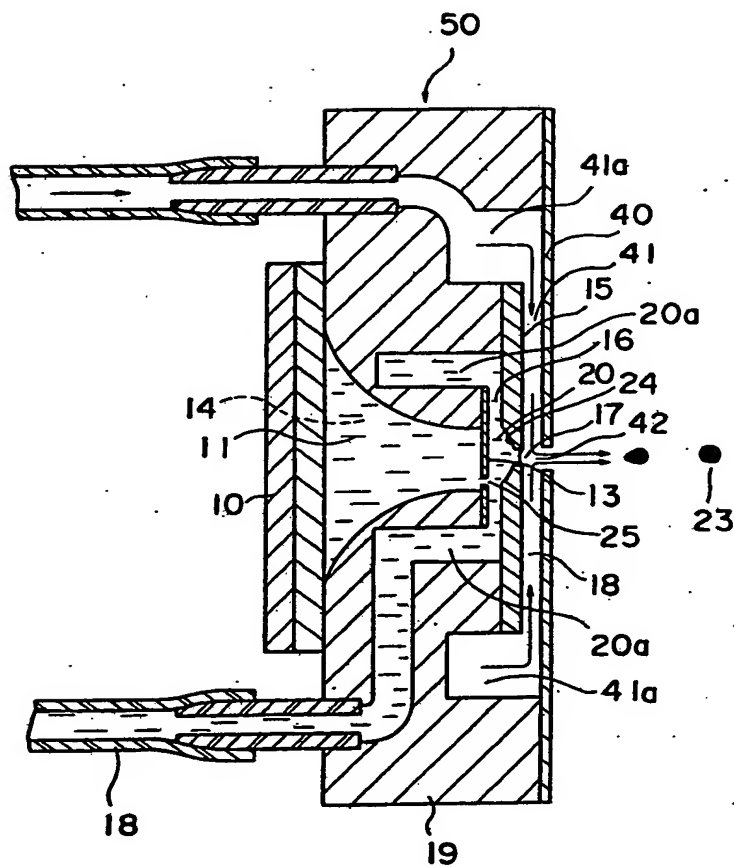


FIG. 19

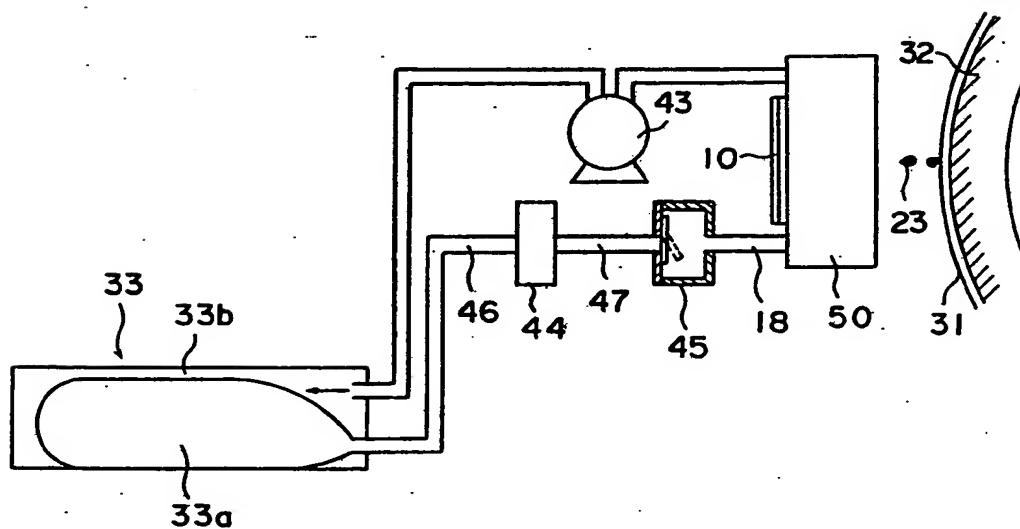


FIG. 20

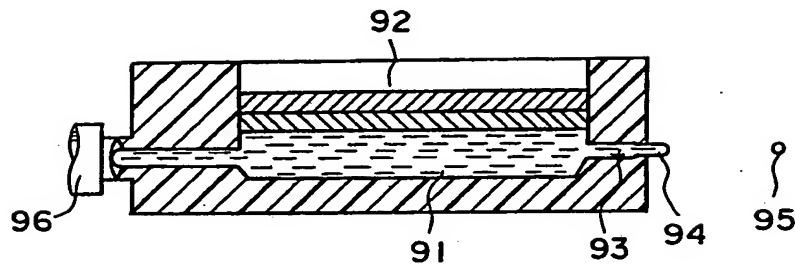


FIG. 21

